

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
1. März 2001 (01.03.2001)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/14734 A1

PCT

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F02M 59/46,
47/02

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): MATTES, Patrick
[DE/DE]; An der Betteleiche 33 D, D-70569 Stuttgart
(DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/02680

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. August 2000 (10.08.2000)

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): CZ, JP, KR, US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

Veröffentlicht:

— Mit internationalem Recherchenbericht.

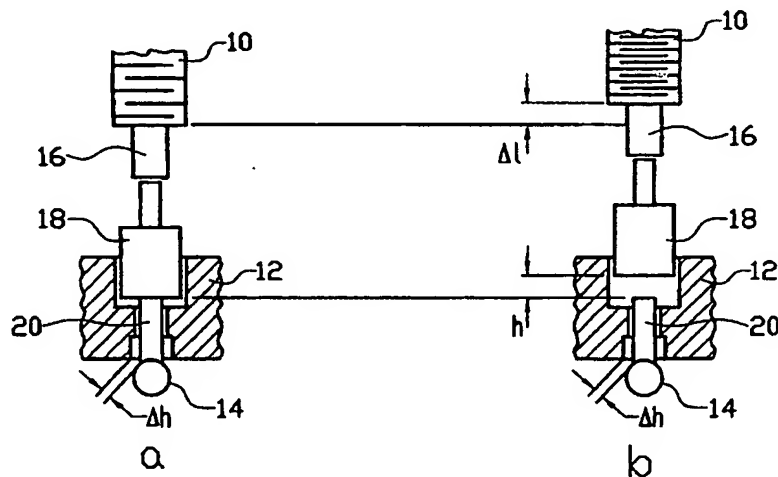
(30) Angaben zur Priorität:
199 39 520,9 20. August 1999 (20.08.1999) DE

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US*): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02
20, D-70442 Stuttgart (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: INJECTION SYSTEM AND METHOD FOR OPERATING AN INJECTION SYSTEM

(54) Bezeichnung: EINSPRITZSYSTEM UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES EINSPRITZSYSTEMS



(57) Abstract: The invention relates to an injection system, comprising a piezoelectric actuator (10), a hydraulic transmission element (12) and a control valve (14). When the injection system is operating continuously, the stroke of the piezoelectric actuator (10) can be transmitted to the control valve (14) by means of a hydraulic medium in the hydraulic transmission element (12). The piezoelectric actuator (10) and the components of the hydraulic transmission element (12) are arranged in such a way in relation to the control valve (14) that at least part of the stroke of said piezoelectric actuator (10) can be transmitted directly to the control valve (14). According to the inventive method for operating a piezo injector, the piezoelectric actuator (10) is excited electrically and caused to perform a stroke, the stroke is transmitted directly to a control valve (14) in a first phase, the hub is transmitted hydraulically to a control valve (14) in a second phase, and the control valve (14) is opened as result of this stroke.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Einspritzsystem mit einem Piezosteller (10), einem hydraulischen Übersetzer (12) und einem Steuerventil (14). Im kontinuierlichen Betrieb des Einspritzsystems ist der Hub des Piezostellers (10) über ein Hydraulikmedium in dem hydraulischen Übersetzer (12) auf das Steuerventil (14) übertragbar. Zusätzlich sind der Piezosteller (10) und die Komponenten des hydraulischen Übersetzers (12) bezüglich des Steuerventils (14) so angeordnet, dass wenigstens ein Teil des Hubs des Piezostellers (10) direkt auf das Steuerventil (14) übertragbar ist. Bei dem erfindungsgemässen Verfahren zum Betreiben eines Piezoinjektors wird der Piezosteller (10) elektrisch angeregt und zu einem Hub veranlasst, der Hub in einer ersten Phase direkt auf ein Steuerventil (14) übertragen, der Hub in einer zweiten Phase hydraulisch auf ein Steuerventil (14) übertragen und das Steuerventil (14) durch den Hub geöffnet.

5

10 Einspritzsystem und Verfahren zum Betreiben eines Einspritz-
 systems

Stand der Technik

15 Die Erfindung betrifft ein Einspritzsystem mit einem Pie-
zosteller, einem hydraulischen Übersetzer und einem Steuer-
ventil, wobei im kontinuierlichen Betrieb des Einspritz-
systems der Hub des Piezostellers über ein Hydraulikmedium
20 in dem hydraulischen Übersetzer auf das Steuerventil über-
tragbar ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum
Betreiben eines Einspritzsystems.

Ein Einspritzsystem, im folgenden auch als Piezoinjektor be-
zeichnet, gemäß der oben angegebenen Gattung findet insbe-
25 sondere bei Diesel-Speichereinspritzsystemen Anwendung. Bei
der Speichereinspritzung oder "Common-Rail-Einspritzung"
sind Druckerzeugung und Einspritzung entkoppelt. Der Ein-
spritzdruck von ca. 120 bis 1600 bar wird unabhängig von der
Motordrehzahl und der Einspritzmenge erzeugt und steht im
30 "Rail" - dem Kraftstoffspeicher - für die Einspritzung be-
reit. Einspritzzeitpunkt und Einspritzmenge werden im elek-
tronischen Steuergerät berechnet und von dem Injektor an je-
dem Motorzylinder umgesetzt. Der Injektor hat die Aufgabe
Spritzbeginn und Einspritzmenge einzustellen.

Neben der Ansteuerung des Injektors über ein Piezoelement ist die Ansteuerung des Injektors über ein Magnetventil bekannt.

5

Während mit Magnetventilen ausreichend große Ventilhube zur Verwendung des Magnetventils als Steuerventil erzeugt werden können, sind bei einer Steuerung eines Injektors mit einem Piezoelement zusätzliche Maßnahmen zu treffen. Dies hat den Grund, daß mit einem Piezoelement nur ein sehr geringer Hub erzeugbar ist, welcher bezüglich der Länge des Piezoelementes im Promillbereich liegt. Dieser geringe Hub muß für die Betätigung des Stellventils beim kontinuierlichen Betrieb des Injektors transformiert werden. Zu diesem Zweck wird beispielsweise ein hydraulischer Übersetzer verwendet.

15

In Figur 3 ist ein Steuerventil des Standes der Technik für einen Piezosteller gezeigt. Der Hub eines nicht gezeigten Piezoelementes wird über einen hydraulischen Übersetzer auf ein Steuerventil 110 übertragen. Auf diese Weise wird ein Ventilhub 112 zur Verfügung gestellt, welcher ausreicht, um das Steuerventil 110 zwischen einem ersten Ventilsitz 114 und einem zweiten Ventilsitz 116 hin und her zu bewegen. Unterhalb des Steuerventils 110 ist der Ventilsteuerraum 118 angeordnet. An diesem Ventilsteuerraum 118 schließt über eine Zulaufdrossel 120 ein Kraftstoffzulauf 122 an. Andererseits ist der Steuerraum 118 über eine Ablaufdrossel 124 mit dem Steuerventil 110 verbunden. In den Steuerraum 118 reicht eine Druckstange 126 hinein, über welche die Kraft zur nicht dargestellten Einspritzdüse übertragen wird.

20

25

30

Im Folgenden wird das Arbeitsprinzip des speziellen, mit zwei Ventilsitzen 114, 116 ausgestatteten Piezoinjektors des Standes der Technik anhand von Figur 3 erläutert. Im darge-

stellten Zustand sitzt das Steuerventil 110 im ersten Ventilsitz 114. Zu diesem Zeitpunkt kann sich über den Kraftstoffzulauf 122, welcher mit dem Common-Rail verbunden ist, und die Zulaufdrossel 120 ein Druck in dem Steuerraum 118 ausbilden. Wird nun dem nicht dargestellten Piezoelement eine Spannung zugeführt, so erzeugt dies einen Ventilhub, so daß das Steuerventil 110 eine Mittelstellung zwischen dem Ventilsitz 114 und dem Ventilsitz 116 einnimmt. Der Druck im Steuerraum 118 wird somit kurzzeitig verringert, so daß die Druckstange, welche von einer nicht dargestellten Feder in Richtung des Steuerraums getrieben wird, weiter in den Steuerraum eintreten kann. Folglich wird eine nicht dargestellte Einspritzdüse kurzzeitig, im vorliegenden Fall zur Voreinspritzung, geöffnet. Sobald das Steuerventil 110 den zweiten Ventilsitz 116 erreicht, kann sich wiederum im Steuerraum 118 der von dem Common-Rail über die Zulaufdrossel 120 zur Verfügung gestellte Hochdruck ausbilden. Folglich wird die Druckstange 126 wieder aus dem Steuerraum 118 herausgetrieben, und die Einspritzdüse schließt. Bei der durch eine entsprechende Ansteuerung des Piezoelementes nachfolgenden umgekehrten Bewegung des Steuerventils vom zweiten Ventilsitz 116 zum ersten Ventilsitz 114 wird wiederum eine Mittelstellung eingenommen, welche nun aber zur Haupteinspritzung genutzt wird.

Die Zulaufdrossel 120 und die Ablaufdrossel 124 dienen einerseits dazu, über ihre relativen Durchflußmengen das Öffnungsverhalten der Düsenadel zu bestimmen. Die Ablaufdrossel 124 dient ferner der Rückführung einer Leckmenge von Kraftstoff aus der Ventilsteuerung 118 in den darüberliegenden Hohlraum und über den Kraftstoffrücklauf 128 zu einem Kraftstoffbehälter. Die Zulaufdrossel 120 verhindert, daß sich der Druck in dem Steuerraum 118 sogleich vollständig ausgleicht und sich dem Hochdruck im Common-Rail anpaßt,

denn nur eine Druckabnahme ermöglicht das Öffnen der Düsen-
nadel durch Zurückziehen der Druckstange 126.

5 Im vorliegenden speziellen Fall des Standes der Technik ge-
mäß Figur 3 ist ein Steuerventil 110 mit zwei Ventilsitzen
114, 116 dargestellt. Die allgemeinen Prinzipien der Ventil-
steuerung lassen sich aber auch mit nur einem Ventilsitz
verwirklichen. Für dieselbe Einspritzfrequenz muß das Piezo-
element dann beispielsweise mit Spannungsimpulsen doppelter
10 Frequenz angeregt werden.

Den Systemen des Standes der Technik, von denen eines in Fi-
gur 3 dargestellt ist, ist gemeinsam, daß sowohl beim Start-
vorgang als auch beim Betrieb ein Systemdruck im Injektor
15 vorliegen muß. Dies stellt Anforderungen an die Leistung der
Hochdruckpumpe des Common-Rail-Systems, da die Leckmenge zur
Sicherstellung der Systemdruckversorgung von der Hochdruck-
pumpe bereitgestellt werden muß. Weitere Nachteile ergeben
sich im Zusammenhang mit den auftretenden Leckmengen, da
20 diese unter hohem Druck aus dem System abgeführt werden müs-
sen. Ferner sind die Systeme des Standes der Technik von Um-
welteinflüssen abhängig, da ein zum Beispiel bei hohen Tem-
peraturen abgestellter Motor den Kraftstoff aus dem Koppler-
raum des Steuerventils verdampft; dies stellt zusätzliche
25 Anforderungen an die Druckversorgung bei einem Neustart des
Systems.

Vorteile der Erfindung

30 Das erfindungsgemäße Einspritzsystem baut auf dem Stand der
Technik in vorteilhafter Weise dadurch auf, daß der Pie-
zosteller und die Komponenten des hydraulischen Übersetzers
bezüglich des Steuerventils so angeordnet sind, daß wenig-
stens ein Teil des Hubs des Piezostellers direkt auf das

Steuerventil übertragbar ist. Das Steuerventil kann somit aufgrund des Hubs des Piezoelementes öffnen, ohne daß von vornherein ein Systemdruck vorläge. Sobald das Steuerventil durch die direkte Wirkung des Piezostellers öffnet, füllt
5 der im Common-Rail vorhandene Druck den Systembereich mit Kraftstoff, und der Piezoinjektor ist für den kontinuierlichen Betrieb bereit. Das System kann somit unabhängig von Umwelteinflüssen, etwa großer Hitze oder längerer Stilllegung des Motors, jederzeit eine Systemdruckversorgung sicherstellen.
10 Es überrascht, daß eine direkte, das heißt nicht hydraulische, Kraftübertragung von dem Piezoelement auf das Steuerventil bei unterschiedlichen Temperaturen möglich ist, da das Piezoelement seine Länge in Abhängigkeit der Temperatur ändert. Bei den Systemen des Standes der Technik stellte
15 dies kein grundsätzliches Problem dar, da eine Kraftübertragung ohnehin nur auf hydraulischem Wege erfolgte. Nun aber, da es auf die Relativposition zwischen dem Piezoelement und dem Steuerventil ankommt, scheint die Temperaturabhängigkeit der Piezolänge ein grundsätzliches Problem nach sich zu ziehen.
20 Im Rahmen der Erfindung wurde jedoch erkannt, daß die Längenänderung des Piezoelementes gerade durch die Änderung des Hubvermögens zumindest nahezu ausgeglichen werden kann. Dies beruht auf den folgenden Tatsachen. Das Piezoelement hat bezüglich der Längenausdehnung einen negativen Temperaturkoeffizienten. Mit anderen Worten: bei hohen Temperaturen
25 ist das Piezoelement kürzer als bei niedrigen Temperaturen. Allerdings steigt bei hohen Temperaturen das Hubvermögen des Piezoelementes an, was bei geeigneter Wahl eventueller sonstiger Randparameter zu einer Kompensation der Längenverkürzung führen kann. Bei niedrigen Temperaturen könnte also
30 nahezu der gesamte Hub des Piezoelementes in einen Hub des Steuerventils umgesetzt werden, wenn die große Länge des Piezoelementes dazu führt, daß ein direkter oder nahezu direkter Kontakt der Elemente innerhalb des hydraulischen

Übersetzers vorliegt. Bei höherer Temperatur, wenn das Piezo-
element eine geringere Länge hat, wird im allgemeinen ein
Abstand zwischen Elementen der Wegübersetzung vorliegen. Da
in diesem Fall aber das Hubvermögen größer ist, wird der Hub
5 des Piezoelementes zunächst leer laufen und ab einem gewis-
sen Zeitpunkt das Steuerventil wiederum direkt mit Kraft be-
aufschlagen und folglich öffnen.

Bevorzugt weist der hydraulische Übersetzer einen ersten
10 Übersetzerkolben auf, welcher von einem Anschlag des Pie-
zostellers mit Kraft beaufschlagbar ist. Auf diese Weise
findet eine direkte Kraftübertragung von dem Piezosteller in
den hydraulischen Übersetzer statt, welche dann, je nach Be-
triebszustand, hydraulisch oder direkt auf das Steuerventil
15 übertragbar ist.

Es ist vorteilhaft, wenn der hydraulische Übersetzer einen
zweiten Übersetzerkolben aufweist, welcher von dem ersten
Übersetzerkolben mit Kraft beaufschlagbar ist. In dieser
20 vorteilhaften Ausführungsform weist die Erfindung folglich
einen hydraulischen Übersetzer mit mindestens zwei Überset-
zerkolben auf, welche sowohl über ein hydraulisches Medium
als auch direkt wechselwirken können. Die Grundidee der Er-
findung wird so auf elegante Weise realisiert.

25 Vorzugsweise ist zumindest während des kontinuierlichen Be-
triebs Hydraulikmedium zwischen dem ersten und dem zweiten
Übersetzerkolben vorhanden. Auf diese Weise wird sicherge-
stellt, daß der Hub des Piezostellers durch Vermittlung des
30 hydraulischen Übersetzers in einen ausreichenden Hub des
Steuerventils übersetzt wird. Dieser Hub muß so groß sein,
daß im Steuerraum ein ausreichender Druckabfall erzeugt wird
und die Einspritzdüse öffnen kann.

Bevorzugt liegt bei der direkten Übertragung des Hubs des Piezostellers auf das Steuerventil direkter Kontakt zwischen dem ersten und dem zweiten Übersetzerkolben vor. Im Gegensatz zum kontinuierlichen Betrieb des Steuerventils, bei welchem die Stellkraft über ein Hydraulikmedium übertragen wird, wird bei der direkten Kraftübertragung ein direkter Kontakt zwischen den Übersetzerkolben des hydraulischen Übersetzers genutzt. Dieser direkte Kontakt ist über einen großen Temperaturbereich realisierbar, da das besondere Temperaturverhalten des Piezoelementes unmittelbare Auswirkungen auf die Relativpositionen der Übersetzerkolben hat.

Vorzugsweise öffnet bei der direkten Übertragung des Hubs des Piezostellers auf das Steuerventil dieses in einem geringeren Maß als bei der hydraulischen Übertragung während des kontinuierlichen Betriebs. Ein geringfügiges Öffnen des Steuerventils aufgrund der direkten Kraftübertragung ist ausreichend, um eine Befüllung des Systembereiches mit Kraftstoff sicherzustellen. Folglich liegt nach dieser Befüllung die Voraussetzung für einen hydraulischen Betrieb des Steuerventils vor.

Dabei ist besonders bevorzugt, daß bei der direkten Übertragung des Hubs des Piezostellers auf das Steuerventil dieses einen Spalt im Bereich von etwa 3 - 5 µm freigibt. Ein solcher Spalt ist ausreichend, um eine Befüllung des Koppler- raums des Übersetzers sicherzustellen. Andererseits wird eine genügende Drosselung zur Verfügung gestellt, um ein ungewolltes Einspritzen beim Anlassen des Motors zu verhindern.

Vorzugsweise ist ein Druckhalteventil zur Einstellung eines erwünschten Systemdruckes vorgesehen. Dieses ist in der Lage, nach der Befüllung des Systembereiches mit Kraftstoff,

welche in wenigen Millisekunden erfolgen kann, den gewünschten Systemdruck einzustellen.

Die Erfindung stellt in vorteilhafter Weise ein Verfahren
5 zum Betreiben eines Piezoinjektors mit einem Piezosteller,
einem hydraulischen Übersetzer und einem Steuerventil zur
Verfügung, bei dem der Piezosteller elektrisch angeregt und
zu einem Hub veranlaßt wird, der Hub in einer ersten Phase
10 direkt auf ein Steuerventil übertragen wird, der Hub in ei-
ner zweiten Phase hydraulisch auf ein Steuerventil übertra-
gen wird und das Steuerventil durch den Hub geöffnet wird.
Das Verfahren bedient sich somit in nützlicher Art zwei
grundsätzlich verschiedenen Prinzipien für das Öffnen des
15 Steuerventils. Auch bei leerem Kopplerraum, das heißt bei
einem Kopplerraum, in welchem kein Hydraulikmedium vorliegt,
kann durch die Anregung des Piezostellers das Steuerventil
des Piezoinjektors durch direkten mechanischen Kontakt ge-
öffnet werden. Ein solcher direkter mechanischer Kontakt
20 kann über einen großen Temperaturbereich aufgrund des beson-
deren Temperaturverhaltens des Piezoelementes im Hinblick
auf den Temperaturkoeffizienten und die Temperaturabhängig-
keit des Hubs verwirklicht werden. Durch die Öffnung des
Steuerventils, welche durch direkten mechanischen Kontakt
25 erzeugt wurde, kann der Systembereich mit Hydraulikmedium
befüllt werden, so daß nachfolgend, in einer zweiten Phase,
eine hydraulische Kraftübertragung stattfinden kann. Durch
die hydraulische Kraftübertragung erfolgt eine Wegumsetzung,
so daß der Hub des Piezostellers in einen Hub umgesetzt
wird, welcher zum Öffnen der Einspritzdüse ausreicht.

30

Es ist vorteilhaft, wenn der Hub in der ersten Phase das
Steuerventil weniger öffnet als in der zweiten Phase. Neben
den bereits besprochenen grundsätzlichen Unterschieden zwi-
schen der direkten Kraftübertragung und der hydraulischen

Kraftübertragung kann die geringfügige Öffnung des Steuer-
ventils in der ersten Phase zusätzlich sicherstellen, daß
durch eine entsprechende Drosselung an dem Steuerventil ein
Einspritzen von Kraftstoff beim Anlassen des Motors verhin-
dert wird.

5

Dabei ist besonders bevorzugt, daß das Steuerventil in der
ersten Phase im Bereich von etwa 3 - 5 µm öffnet. Diese Öff-
nung reicht zur raschen Befüllung des Systembereiches mit
Kraftstoff aus; gleichzeitig wird eine nützliche Drosselung
zur Verfügung gestellt. Insgesamt wird die Leckmenge des Sy-
stems gegenüber der Verwendung einer Konstantdrossel verrin-
gert, was zu einem vorteilhaft niedrigeren Leistungsbedarf
der Hochdruckpumpe führt.

10

15

Das erfindungsgemäße Verfahren ist dann besonders vorteil-
haft, wenn die erste Phase die Startphase und die zweite
Phase die Phase des kontinuierlichen Betriebs ist. Bei hei-
ßem Motor und einer hohen Außentemperatur kann es zu einer
Verdampfung des Hydraulikmediums aus dem hydraulischen Über-
setzer kommen. Soll nun das Fahrzeug erneut gestartet wer-
den, so ist bei herkömmlichen Systemen eine Bereitstellung
von Hydraulikmedium durch eine erhöhte Leistung der Hoch-
druckpumpe erforderlich. Wenn es in der Startphase jedoch
möglich ist, den Hub des Piezostellers direkt auf das Steu-
erventil zu übertragen, so ist hierdurch eine integrierte
Systemdruckversorgung verwirklicht, und das System ist für
den hydraulischen Dauerbetrieb vorbereitet.

20

25

Vorzugsweise wird im Anschluß an die Startphase ein System-
druck von einem Druckhalteventil eingestellt. Auf diese Wei-
se können die Vorteile des Common-Rail-Systems, bei welchem

30

die Druckerzeugung und die Einspritzung voneinander entkoppelt sind, im Zusammenhang mit der Erfindung genutzt werden.

5 Der Erfindung liegt die überraschende Erkenntnis zugrunde, daß durch Ausnutzung des Temperaturverhaltens eines Piezo-
elementes eine integrierte Systemversorgung realisierbar
ist. Bei jedem Systemstart wird der Systemdruckbereich be-
füllt, so daß Auswirkungen von Umwelteinflüssen, etwa der
10 Temperatur, auf das Startverhalten vermieden werden. Gleich-
zeitig wird die anfallende Leckmenge gegenüber einem Steuer-
ventil mit einer Konstantdrossel deutlich verringert, wo-
durch die Hochdruckpumpe des Common-Rail-Systems einen nied-
rigeren Leistungsbedarf hat. Aufgrund der Möglichkeit einer
drucklosen Abführung der Leckmenge in dem Injektor ist die
15 Verwendung von konventionellen Leckschläuchen möglich.

Zeichnung

20 Die Erfindung wird nun mit Bezug auf die begleitende Zeich-
nung anhand bevorzugter Ausführungsformen beispielhaft er-
läutert.

Figur 1 ist eine stark schematisierte Schnittdarstellung ei-
ner erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei Figur 1a einen er-
25 sten Betriebszustand und Figur 1b einen zweiten Betriebszu-
stand zeigt.

Figur 2 zeigt ein Diagramm zur Erläuterung der Eigenschaften
eines Piezoelementes.

30

Figur 3 zeigt eine Vorrichtung des Standes der Technik.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Figur 1a zeigt einen Ausschnitt aus einem Piezoinjektor mit einem Piezosteller 10, einem hydraulischen Übersetzer 12 und einem Steuerventil 14. An dem Piezosteller 10 ist ein Anschlag 16 vorgesehen, welcher einen ersten Übersetzerkolben 18 bei einer Aktivierung des Piezostellers 10 mit Kraft beaufschlagt. Der erste Übersetzerkolben 18 wechselwirkt mit einem zweiten Übersetzerkolben 20, so daß hierdurch das Steuerventil 14 geöffnet werden kann.

In Figur 1a ist ein Zustand bei niedriger Temperatur, beispielsweise -40°C , dargestellt. Folglich weist der Piezosteller 10 eine vergleichsweise große Länge auf, da das Piezoelement einen negativen Temperaturkoeffizienten hat. Aufgrund dieser großen Länge des Piezostellers 10 steht der erste Übersetzerkolben 18 in direktem mechanischem Kontakt mit dem zweiten Übersetzerkolben 20. Der Hub des Piezostellers 10 wird somit direkt, das heißt ohne hydraulische Wegübersetzung, auf das Steuerventil 14 übertragen. In der Figur ist angedeutet, daß das Steuerventil 14 um einen Betrag Δh geöffnet ist.

Figur 1b zeigt einen anderen Zustand der erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei dieselben Elemente mit identischen Bezugszeichen gekennzeichnet sind. Zur besseren Veranschaulichung ist das Steuerventil 14 im selben Zustand dargestellt wie in Figur 1a. Zwischen dem ersten Übersetzerkolben 18 und dem zweiten Übersetzerkolben 20 des hydraulischen Übersetzers 12 liegt ein Freiraum vor, was aus der Längendifferenz Δl des Piezostellers 10 aus Figur 1b im Vergleich zu Figur 1a resultiert. Diese Längendifferenz Δl beruht darauf, daß in Figur 1b ein Zustand bei höherer Temperatur, etwa bei 120°C , dargestellt ist als in Figur 1a. Der erwähnte negative

Temperaturkoeffizient des Piezoelementes führt folglich zum Zurückziehen des ersten Übersetzerkolbens 18. Allerdings ist das Hubvermögen des Piezostellers 10 bei der hohen Temperatur größer als bei der niedrigen Temperatur. Falls demnach
5 kein Hydraulikmedium im Zwischenraum zwischen dem ersten Übersetzerkolben 18 und dem zweiten Übersetzerkolben 20 vorliegt, gelingt es durch Aktivierung des Piezostellers 10 zunächst den Zwischenraum zwischen den Übersetzerkolben 18, 20 zu überwinden und nachfolgend das Steuerventil 14 um den Betrag Δh aus dem Ventilsitz herauszubewegen. Wie bereits erwähnt, ist die Figur 1b stark schematisiert, damit der Vergleich mit Figur 1a erleichtert wird. Tatsächlich würde das Steuerventil 14 vor einem Systemstart in seinem Ventilsitz sitzen und erst nach Aktivierung des Piezostellers 10 öffnen.
10 Des weiteren wären die beiden Kolben 18, 20 in Kontakt, jedoch die Kolben 16, 18 um den Hub h getrennt. Andererseits ist es auch denkbar, den Kolben 18 durch eine Feder gegen den Kolben 16 vorzuspannen.

20 Anhand von Figur 2 läßt sich das Wechselspiel zwischen der Längenänderung und dem Hubvermögen des Piezostellers besser verdeutlichen. In dem Diagramm nach Figur 2 ist auf der linken vertikalen Achse der Hub des Piezostellers ohne hydraulische Übersetzung dargestellt. Auf der rechten vertikalen
25 Achse ist die Längenänderung Δl bzw. die Temperaturdehnung des Piezostellers aufgetragen. Sowohl der Hub h als auch die Längenänderung Δl sind in Abhängigkeit von der Temperatur dargestellt, welche auf der horizontalen Achse aufgetragen ist. Zum Hub des Piezostellers 10 gehört die Kurve, welche
30 die offenen Rechtecke verbindet. Zur Längenänderung Δl gehört die Kurve, welche die Punkte verbindet. Die Längenänderung Δl hat ihren Bezugspunkt bei der hohen Temperatur von $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, so daß sie an dieser Stelle als $\Delta l = 0$ definiert

ist. Betrachtet man nun das Diagramm bei der Temperatur von -40 °C, so ergibt sich, daß sich der Piezosteller um einen Betrag ausgedehnt hat, welcher beispielsweise geringfügig kleiner als 25 µm ist. Bei diesem Temperaturwert von -40 °C beträgt das Hubvermögen des Piezostellers etwa 25 µm im Vergleich zu etwa 50 µm bei 120 °C. Aufgrund der besagten Längenänderung Δl bei der niedrigen Temperatur von -40 °C ist das verminderte Hubvermögen aber immer noch ausreichend, um das Steuerventil 14 um einen genügenden Betrag Δh aus dem Ventilsitz herauszuheben. Bei hoher Temperatur, wenn $\Delta l = 0$, sorgt das vergrößerte Hubvermögen von etwa 50 µm für eine ausreichende Öffnung des Steuerventils 14.

Das Diagramm gemäß Figur 2 zeigt das Wechselspiel zwischen Hub h und Temperaturdehnung Δl nur schematisch. In der Praxis müssen die tatsächlichen Längenänderungen Δl und der Hub h mitunter fein aufeinander abgestimmt werden. Dabei ist sicherzustellen, daß bei direkter Kraftübertragung die Öffnung Δh des Steuerventils 14 stets groß genug ist, um eine rasche Befüllung des Systems mit Kraftstoff zu ermöglichen. Andererseits darf die Öffnung Δh auch nicht zu groß sein, damit das Steuerventil 14 vorteilhafterweise eine Drosselwirkung hat. Diese Drosselwirkung ist eventuell auf die Drosselwirkung einer Zulaufdrossel (siehe Figur 3 zum Stand der Technik) abzustimmen.

Die vorhergehende Beschreibung der Ausführungsbeispiele gemäß der vorliegenden Erfindung dient nur zu illustrativen Zwecken und nicht zum Zwecke der Beschränkung der Erfindung. Im Rahmen der Erfindung sind verschiedene Änderungen und Modifikationen möglich, ohne den Umfang der Erfindung sowie ihre Äquivalente zu verlassen.

5

10 Ansprüche

1. Einspritzsystem mit einem Piezosteller (10), einem hydraulischen Übersetzer (12) und einem Steuerventil (14), wobei im kontinuierlichen Betrieb des Einspritzsystems der Hub des Piezostellers (10) über ein Hydraulikmedium in dem hydraulischen Übersetzer (12) auf das Steuerventil (14) übertragbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Piezosteller (10) und die Komponenten des hydraulischen Übersetzers (12) bezüglich des Steuerventils (14) so angeordnet sind, daß wenigstens ein Teil des Hubs des Piezostellers (10) direkt auf das Steuerventil übertragbar ist.

2. Einspritzsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der hydraulische Übersetzer (12) einen ersten Übersetzerkolben (18) aufweist, welcher von einem Anschlag (16) des Piezostellers (10) mit Kraft beaufschlagbar ist.

3. Einspritzsystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der hydraulische Übersetzer (12) einen zweiten Übersetzerkolben (20) aufweist, welcher von dem ersten Übersetzerkolben (18) mit Kraft beaufschlagbar ist.

4. Einspritzsystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest während des kontinuierlichen Betriebs Hydraul-

likmedium zwischen dem ersten Übersetzerkolben (18) und dem zweiten Übersetzerkolben (20) vorhanden ist.

5. Einspritzsystem nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei der direkten Übertragung des Hubs des Piezostellers (10) auf das Steuerventil (14) direkter Kontakt zwischen dem ersten Übersetzerkolben (18) und dem zweiten Übersetzerkolben (20) vorliegt.
6. Einspritzsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei der direkten Übertragung des Hubs des Piezostellers (10) auf das Steuerventil (14) dieses in einem geringeren Maß öffnet als bei der hydraulischen Übertragung während des kontinuierlichen Betriebs.
7. Einspritzsystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei der direkten Übertragung des Hubs des Piezostellers (10) auf das Steuerventil (14) dieses einen Spalt im Bereich von etwa 3 - 5 µm freigibt.
8. Einspritzsystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Druckhalteventil zur Einstellung eines erwünschten Systemdruckes vorgesehen ist.
9. Verfahren zum Betreiben eines Einspritzsystems mit einem Piezosteller (10), einem hydraulischen Übersetzer (12) und einem Steuerventil (14), bei dem der Piezosteller (10) elektrisch angeregt und zu einem Hub veranlaßt wird, der Hub in einer ersten Phase direkt auf ein Steuerventil (14) übertragen wird, der Hub in einer zweiten Phase hydraulisch auf ein Steuerventil (14) übertragen wird und das Steuerventil (14) durch den Hub geöffnet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Hub in der ersten Phase das Steuerventil (14) weniger öffnet als in der zweiten Phase.
- 5 11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Hub in der ersten Phase das Steuerventil im Bereich von etwa 3 - 5 μm öffnet.
- 10 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Phase eine Startphase und die zweite Phase eine Phase des kontinuierlichen Betriebs ist.
- 15 13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß im Anschluß an die Startphase ein Systemdruck von einem Druckhalteventil eingestellt wird.

1/3

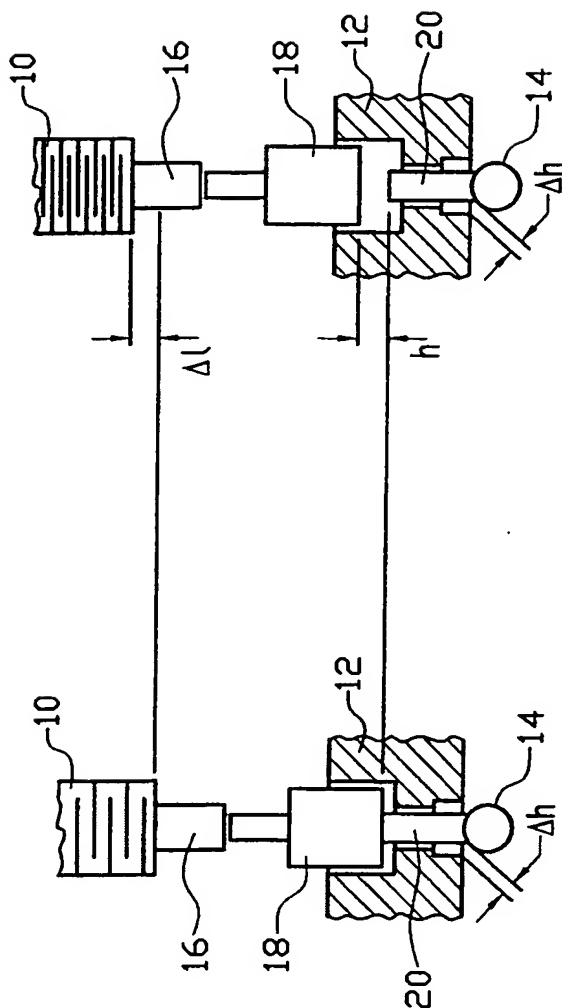


Fig.1b

Fig.1a

2/3

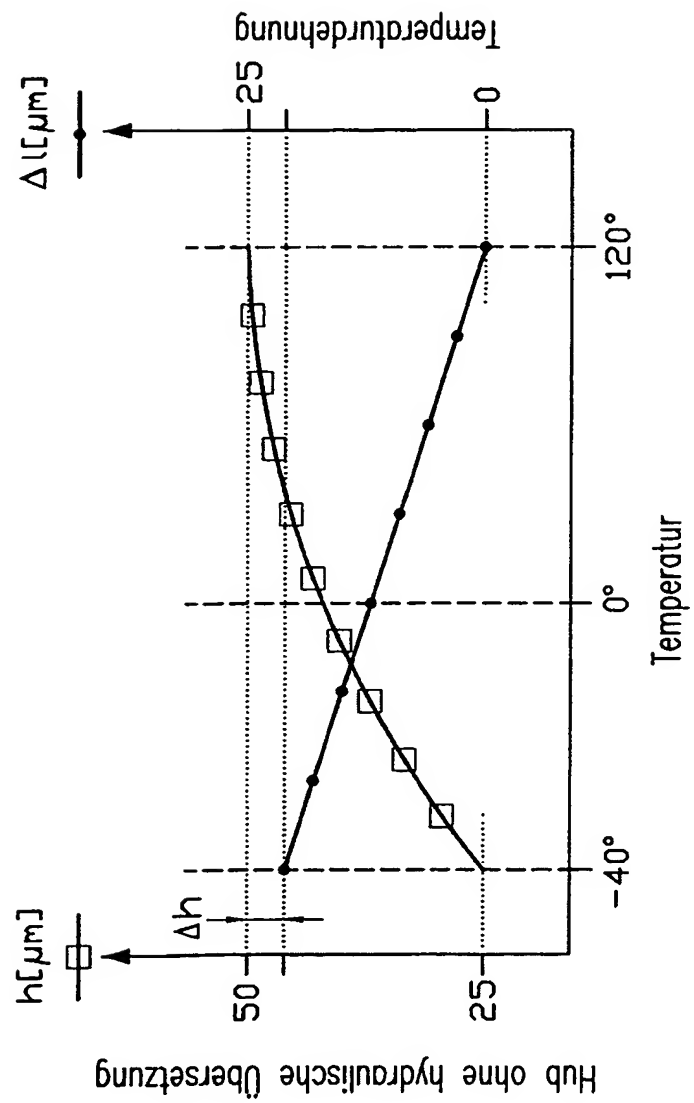


Fig. 2

3/3

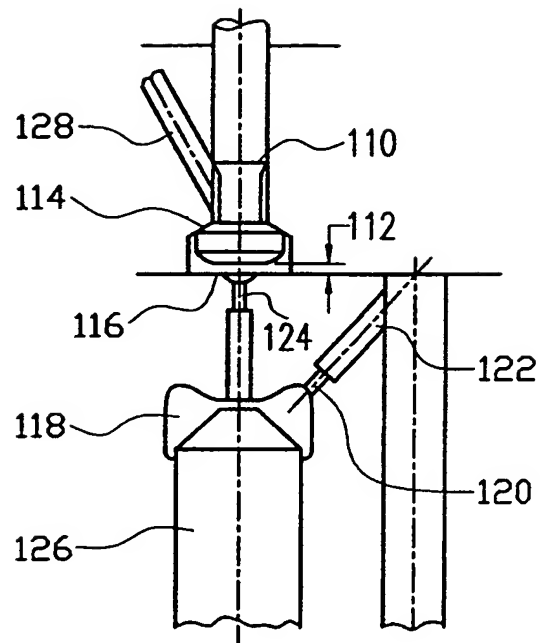


Fig.3
(Stand der Technik)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 00/02680

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F02M59/46 F02M47/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 F02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	EP 0 477 400 A (SIEMENS AG) 1 April 1992 (1992-04-01) column 2, line 49 - column 4, line 26; figure 1	1-4 9
X	DE 197 26 481 A (BOSCH GMBH ROBERT) 24 December 1998 (1998-12-24) column 3, line 5 - line 37; figures 1-3	1
A	EP 0 816 670 A (SIEMENS AUTOMOTIVE CORP LP) 7 January 1998 (1998-01-07) abstract; figures	1-4, 9

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *S* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 November 2000

Date of mailing of the international search report

29/11/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Torle, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/02680

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0477400 A	01-04-1992	AT 192263 T DE 59010904 D	15-05-2000 31-05-2000
DE 19726481 A	24-12-1998	WO 9859169 A EP 0920583 A	30-12-1998 09-06-1999
EP 0816670 A	07-01-1998	US 5779149 A	14-07-1998

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter. nationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/02680

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F02M59/46 F02M47/02

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 F02M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 477 400 A (SIEMENS AG) 1. April 1992 (1992-04-01)	1-4
A	Spalte 2, Zeile 49 - Spalte 4, Zeile 26; Abbildung 1	9
X	DE 197 26 481 A (BOSCH GMBH ROBERT) 24. Dezember 1998 (1998-12-24)	1
	Spalte 3, Zeile 5 - Zeile 37; Abbildungen 1-3	
A	EP 0 816 670 A (SIEMENS AUTOMOTIVE CORP LP) 7. Januar 1998 (1998-01-07)	1-4,9
	Zusammenfassung; Abbildungen	

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. November 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

29/11/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Torle, E

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/02680

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0477400	A	01-04-1992	AT	192263 T	15-05-2000
			DE	59010904 D	31-05-2000
DE 19726481	A	24-12-1998	WO	9859169 A	30-12-1998
			EP	0920583 A	09-06-1999
EP 0816670	A	07-01-1998	US	5779149 A	14-07-1998

Formblatt PCT/ISA210 (Anhang Patentfamilie)(Juli 1992)